

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年10月7日 (07.10.2004)

PCT

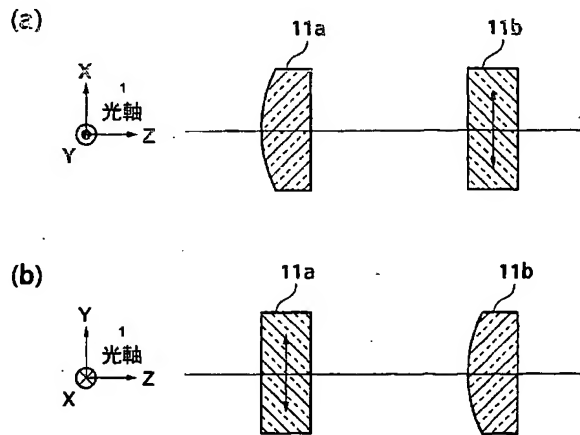
(10) 国際公開番号
WO 2004/086121 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 27/00, G02F 1/37, H01S 3/02, G03F 7/20, 1/08, H01L 21/027, B23K 26/02
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三輪 聡 (MIWA, Satoshi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003820
- (22) 国際出願日: 2004年3月22日 (22.03.2004)
- (74) 代理人: 細江 利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒2210822 神奈川県横浜市神奈川区西神奈川一丁目3番6号 コーポフジ605 Kanagawa (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-079492 2003年3月24日 (24.03.2003) JP
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL ELEMENT, OPTICAL SYSTEM, LASER DEVICE, EXPOSURE DEVICE, MASK TESTING DEVICE, AND HIGH POLYMER CRYSTAL PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 光学素子、光学系、レーザ装置、露光装置、マスク検査装置、及び高分子結晶の加工装置



1...OPTICAL AXIS

(57) Abstract: The directions of the generatrices of cylindrical lenses (11a, 11b) are orthogonal to the optical axis and orthogonal to each other. Thereby, an optical system using a combination of the cylindrical lenses (11a, 11b) is capable of performing the same optical action as a spherical lens does. Since each lens is a cylindrical lens, it has a feature that deviation of the optical axis will not occur even when it is moved in the direction of the generatrix. For example, in the case where damage to the lens becomes noticeable, the lens is moved in the direction of the generatrix (in the direction of arrow) by an unillustrated driving mechanism, e.g., a micrometer-equipped stage, to use the unused portion, thereby prolonging the life of the laser device.

(57) 要約: シリンドリカルレンズ11a、11bの母線方向は光軸に直交しており、かつそれぞれ直交している。これにより、シリンドリカルレンズ11aと、11bを組み合わせた光学系は、球面レンズと同じ光学的作用を果たすことができる。各レンズはシリンドリカルレンズであるため、母線方向に移動させても光軸のずれが生じない。

[続葉有]



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

生しないという特徴を有する。例えば、レンズの損傷が顕著になってきた場合、図示しない移動機構、例えばマイ
クロメータ付きステージによりレンズを母線方向（矢印方向）に移動し、未使用部分を使用することによりレーザ
装置の長寿命化をはかることができる。

明 細 書

光学素子、光学系、レーザ装置、露光装置、マスク検査装置、及び高分子結晶の加工装置

技術分野

本発明は、主として紫外領域の光に対してレンズ作用を有する光学素子、及び光学系、さらには、これらの光学素子、光学系を有するレーザ
5 装置、露光装置、マスク検査装置、高分子結晶の加工装置に関するものである。

背景技術

レーザ光は近年において種々の用途に用いられており、例えば、金属
10 の切断や加工を行ったり、半導体製造装置におけるフォトリソグラフィ装置の光源として用いられたり、各種測定装置に用いられたり、外科、眼科、歯科等の手術および治療装置に用いられたりしている。特に最近において、レーザ光を角膜に照射して角膜表面のアブレーション（PRK）あるいは切開した角膜内部のアブレーション（LASIK）を行い、
15 角膜の曲率および凹凸を矯正して近視、遠視、乱視の治療を行うことが注目されており、一部実用化されつつある。このような角膜治療装置としては、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）を角膜に照射して、角膜表面のアブレーション（削り取り）を行うものが知られている。

ところが、ArFエキシマレーザ発振装置は、チャンバー内にアルゴンガス、フッ素ガス、ネオンガス等を封入して構成されるものであり、
20 これらガスを密封する必要がある。さらに、各ガスの充填、回収を行う必要もあり、装置が大型化且つ複雑化しやすいという問題がある。又、

A r F エキシマレーザ発振装置は所定のレーザ光発生性能を保持するために、定期的に内部ガスの交換を行ったり、オーバーホールを行ったりする必要があるという問題もある。

よって、レーザ光源としてはこのような気体レーザでなく、固体レーザを用いることが好ましい。ところが、固体レーザから放出されるレーザ光の波長は、通常、上記波長に比べて長波長であり、例えば角膜治療装置に使用するには向いていない。そこで、このような固体レーザから放出される長波長の光を、非線形光学結晶を用いることにより短波長の紫外光（例えば 8 倍波）に変換して用いる方法が開発され、例えば特開 2001-353176 号公報に記載されている。このような目的に用いられる非線形光学素子としては、LBO 結晶、SBO 結晶等が知られている。

このような波長変換光学系においては、基本波となるレーザ光源からのレーザ光を、集光レンズを用いて集光し、非線形光学素子に入射させる。位相整合条件が満たされている場合、波長変換されたレーザ光の強度は、基本波の強度の二乗に比例するため、集光レンズにて集光することにより、出力光の強度を増大させることが特に肝要である。非線形光学素子により波長変換されたレーザ光は、使用用途に応じて、レンズにより所望のビーム形状に整形される。

一方、紫外領域で使用されるレンズの材料としては、紫外領域での透過率が優れており、かつ、熱膨張係数が非常に小さくて温度安定性が優れている等の理由により、合成石英ガラスが多用されている。

合成石英ガラスは、紫外領域で前述したような優れた特性を有するが、例えば波長 248 nm、193 nm の紫外レーザ光の照射により損傷を受けることが判明してきている。

よって、合成石英ガラスでできたレンズを、所定使用期間毎に取り替

えなければならないという問題があった。この対策として、レンズをずらして未使用部分を新たに使用することにより、損傷を受けた部分 avoidance、長寿命化を図ることが考えられるが、光軸がずれてしまうという問題が発生する。

- 5 本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、使用される光によって性能が劣化する材料によって形成された場合においても、長期間に亘って使用が可能な光学素子及び光学系、さらには、これらを使用したレーザ装置、露光装置、マスク検査装置、高分子結晶の加工装置を提供することを目的とする。

10

発明の開示

- 前記目的を達成するための第1の発明は、複数のシリンドリカルレンズからなり、当該シリンドリカルレンズは、それらの母線方向が交差するように配置され、かつ、その各々がそれぞれの母線方向に移動可能と
15 されていることを特徴とする光学素子である。

本発明においては複数のシリンドリカルレンズを、その母線の方向が交差するように組み合わせて使用する。即ち、複数のシリンドリカルレンズにより、1つのレンズと同じ働きをさせる。これらのシリンドリカルレンズは、それぞれが、その母線の方向に移動可能となっている。

- 20 シリンドリカルレンズをその母線の方向に移動させても、レンズとしての特性は変わらない。よって、使用する光を受ける部分が劣化した場合には、シリンドリカルレンズをその母線の方向に移動させて、別の場所で光を受けるようにする。シリンドリカルレンズの長さを長くしておけば、このようにして、次々に新しい部分を使用することにより、長寿
25 命化を図ることができる。特に、使用する光によって劣化しやすい材料をレンズの材料として使用する場合には、本発明の効果は大きい。

前記目的を達成するための第2の発明は、前記第1の発明であって、前記シリンドリカルレンズが2つであり、その母線方向が互いに直交していることを特徴とするものである。

2つのシリンドリカルレンズの母線方向を直交させることにより、通常
5 常のレンズと同様な特性を持たせることができる。特に、2つのシリンドリカルレンズを同一材料、同一形状のものとしておけば、通常の球面凸レンズ、球面凹レンズと同様な性能を持たせることが可能となる。

前記目的を達成するための第3の発明は、前記第1の発明又は第2の発明であって、前記シリンドリカルレンズを形成する材料が合成石英ガラ
10 ラス又は蛍石であることを特徴とするものである。

前述のように、紫外光領域で使用される合成石英ガラスは、紫外光により損傷を受けやすいという性質がある。前記第1の発明、第2の発明によりこの弱点が克服されるので、合成石英ガラスを紫外光領域で使用しても長寿命となり、合成石英ガラスの長所を生かして使用することが
15 できる。同様のことは、シリンドリカルレンズを蛍石で形成した場合でもあてはまる。

前記目的を達成するための第4の発明は、前記第1の発明から第3の発明のいずれかの光学素子を透過した光を検出し、その検出値が所定値以下となったとき、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に
20 所定距離だけ移動させる制御装置を有することを特徴とする光学系である。

本発明においては、前記光学素子を透過した光の強度を測定し、当該光の強度が所定値以下となったとき、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に所定距離だけ移動させるようにしているので、前記光
25 学素子を透過した光の強さを常に所定値以上に保つことができる。なお、光の検出値としては、光の強度、パワー等が挙げられるが、それらに限

定されるものではない。

- 前記目的を達成するための第5の発明は、前記第1の発明から第3の発明のいずれかの光学素子を使用した時間が所定時間経過する毎に、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に所定距離だけ移動させる制御装置を有することを特徴とするもの)である。

本発明においては、前記光学素子の使用時間が所定時間経過する毎に、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に所定距離だけ移動させるようにしているので、前記第4の発明と同様、前記光学素子を透過した光の強さを常に所定値以上に保つことができる。

- 10 前記目的を達成するための第6の発明は、前記第1の発明から第3の発明のいずれかの光学素子を使用した時間に応じて、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に連続的に移動させる制御装置を有することを特徴とするものである。

- 本発明においては、前記光学素子を使用した時間に応じて、前記シ
15 リンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に連続的に移動させるようにしているので、前記第5の発明と同様、前記光学素子を透過した光の強さを常に所定値以上に保つことができる。

- 前記目的を達成するための第7の発明は、レーザ光源と、当該レーザ光源から出力されるレーザ光の波長を変換する波長変換素子とを有する
20 レーザ装置であって、前記第1の発明から第3の発明のいずれかの光学素子、又は第4の発明から第6の発明のいずれかの光学系により、レーザ光を前記波長変換素子に集光する機能を有することを特徴とするものである。

- 前述のように、例えば固体レーザからのレーザ光を波長変換するのに
25 波長変換素子を使用するレーザ装置においては、波長変換素子に入射する光を絞ることによりその強度を高めることが肝要である。よって、こ

のようなレーザ装置において、前記第 1 の発明から第 3 の発明のいずれかの光学素子、又は第 4 の発明から第 6 の発明のいずれかの光学系により、レーザ光を前記波長変換素子に集光することにより、波長変換されたレーザ光の強度を高めることができる。

- 5 前記目的を達成するための第 8 の発明は、前記第 7 の発明のレーザ装置と、所定の露光パターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持部と、露光対象物を保持する対象物保持部と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記照明光学系を介して前記フォトマスクに照射
- 10 されてここを通過した照射光を前記対象物保持部に保持された露光対象物に照射させる投影光学系とを備えて構成されることを特徴とする露光装置である。

- 前記目的を達成するための第 9 の発明は、前記第 7 の発明のレーザ装置と、所定のパターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持
- 15 部と、前記パターンの投影像を検出する検出器と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記照明光学系を介して前記フォトマスクに照射されて、通過した照明光を前記検出器に投影させる投影光学系とを有することを特徴とするマスク欠陥検査装置である。

- 20 前記目的を達成するための第 10 の発明は、高分子結晶を加工する高分子結晶の加工装置であって、前記第 7 の発明のレーザ装置と、当該レーザ装置から放出されるレーザ光を、被加工物である高分子結晶に導き、当該高分子結晶の被加工場所に集光させる光学系と、前記光学系と前記高分子結晶の相対位置を変化させる機構を有することを特徴とする高分子結晶の加工装置である。
- 25

前記目的を達成するための第 11 の発明は、前記第 10 の発明であっ

て、前記レーザ光が集光される位置を、前記高分子結晶と同時に観測する観測装置、又は測定する測定装置を有することを特徴とするものである。

- 前記目的を達成するための第12の発明は、前記第11の発明であつて、前記観測装置、又は測定装置が可視光を用いた光学的観測装置又は光学的測定装置であり、これら観測装置、測定装置は、前記光学系と機械的に固定された関係にあり、前記観測装置、測定装置の基準点と、前記レーザ光が集光される位置が一致しており、前記観測装置、測定装置の基準点位置を観測又は測定することにより、間接的に、前記レーザ光
- 10 が集光される位置を観測又は測定する機能を有することを特徴とするものである。

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明の第1の実施の形態であるレーザ装置であり、固体レーザから放出されるレーザ光を波長変換して出力する装置の全体構成図である。
- 15

図2は、基本波発生部の概略構成を示す図である。

図3は、波長変換部の概略構成を示す図である。

図4は、シリンドリカルレンズの配置の例を示す図である。

- 図5は、本発明の第2の実施の形態であるレーザ装置の全体構成を示す図である。
- 20

図6は、制御装置の基本的な動作を説明するフローチャートである。

図7は、図6における処理1のアルゴリズムを示すフローチャートである。

- 図8は、図6における処理2のアルゴリズムを示すフローチャートである。
- 25

図 9 は、図 6 における処理 3 のアルゴリズムを示すフローチャートである。

図 10 は、本発明の実施の形態の例である露光装置の概要を示す図である。

5 図 11 は、本発明の実施の形態の例であるマスク検査装置の概要を示す図である。

図 12 は、本発明の実施の形態の例である高分子結晶の加工装置の概要を示す図である。

図 13 は、本発明の実施の形態の例である高分子結晶の加工装置を、
10 光学顕微鏡と組み合わせた状態を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態であるレーザ装置であり、固体レーザから放出
15 されるレーザ光を波長変換して出力する装置の全体構成図を示す図である。すなわち、このレーザ装置は、基本波発生部 1、波長変換部 2 から構成されている。

図 2 は基本波発生部 1 の概略構成を示す図である。

基本波を発生するレーザ光源は、 Er^{3+} 添加光ファイバ増幅器を用いて
20 おり、主に基準光源部 3、EDF 部 4、励起用光源部 5 から構成される。基準光源部 3 の基準光源となる DFB からは波長 1547 nm のパルス光が出力され、EDF 部 4 により増幅される。EDF 部 4 は EDF 1、EDF 2、EDF 3 の 3 段階の EDF から構成され、それぞれに励起用光源 5 a、5 b、5 c から励起光が供給される。EDF 3 からの出力光が
25 後に説明する波長変換部に入力される。

図 3 は波長変換部 2 の概略構成を示す図である。波長変換部 2 は基本

波発生部 1 から出力される波長 1547 nm のレーザ光の波長変換を行う。
波長変換部 2 には、複数の波長変換手段、すなわち、2 倍波発生部 6、
3 倍波発生部 7、4 倍波発生部 8、7 倍波発生部 9、8 倍波発生部 10
の各高調波発生部が設けられ、それぞれの高調波発生部間に、高調波を
5 次の高調波発生部へ伝播させるための光学素子が配置されている。

この実施の形態では、各高調波発生部とも非線形光学結晶を用いている。
具体的には、2 倍波発生部 6、3 倍波発生部 7、4 倍波発生部 8 には LiB_3O_5 (LBO) 結晶を、7 倍波発生部 9 には $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$
(BBO) 結晶を、8 倍波発生部 10 には $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ (CLBO)
10 結晶を用いている。これら、2 倍波発生部 6、3 倍波発生部 7、4 倍波
発生部 8、7 倍波発生部 9、8 倍波発生部 10 は、それぞれ波長 773
nm、516 nm、387 nm、221 nm、193 nm の光を発生す
る。

すなわち、入射した波長 1547 nm のレーザ光は、レンズ L1 により集
15 光されて 2 倍波発生部 6 に入射する。2 倍波発生部 6 からは、この基本
波と共に、2 倍の周波数の光 (2 倍波) が出力される。これらの光は、
レンズ L2 により集光されて 3 倍波発生部 7 に入って合成され、基本波、
2 倍波と共に、基本波の 3 倍の周波数 (3 倍波) が出力される。このう
ち、3 倍波は、ダイクロイックミラー M1 により反射され、レンズ L3、
20 L4 を介して反射ミラー M2 で反射された後、ダイクロイックミラー M
3 を通過して、後に述べる基本波の 4 倍の周波数を持つ光 (4 倍波) と
合成される。レンズ L3、L4 は、3 倍波を 7 倍波発生部 9 に集光する
ようになっている。

ダイクロイックミラー M1 を通過した基本波と 2 倍波のうち、2 倍波
25 は、ダイクロイックミラー M4 で反射され、レンズ L5 により集光され
て 4 倍波発生部 8 に入射する。そして、4 倍波発生部 8 からは、2 倍波

と共に4倍波が出力される。

4倍波の波長は前述のように387nmであり、紫外光となるので、
レンズとしては合成石英ガラスを使用するが、従来技術の欄で述べたよ
うに損傷を受けやすいので、本発明の実施の形態である、2つのシリン
5 ドリカルレンズ11a、11bを組み合わせて1つのレンズ作用を持た
せた光学素子を使用している。この光学素子は、4倍波発生部8から出
力される4倍波を7倍波発生部9に集光するようになっている。即ち、
4倍波は、ダイクロイックミラーM3で反射され、前述の3倍波と合成
されて7倍波発生部9に入力される。よって、7倍波発生部9からは3
10 倍波、4倍波と共に、基本波の7倍の周波数を持つ光（7倍波）が出力
される。

これらの光は、本発明の実施の形態である、2つのシリンドリカルレ
ンズ12a、12bを組み合わせて1つのレンズ作用を持たせた光学素
子を介して、ダイクロイックミラーM5に入力され、7倍波のみが反射
15 されて8倍波発生部10に入力される。2つのシリンドリカルレンズ1
2a、12bを組み合わせた光学素子は、この7倍波を8倍波発生部1
0に集光させるようになっている。

ダイクロイックミラーM4を透過した基本波は、反射ミラーM6、M
7、M8と、レンズL6、L7からなる光学系と、ダイクロイックミラ
ーM5を通過し、レンズL6、L7の働きにより、8倍波発生部10に
20 集光される。よって、8倍波発生部10には基本波と7倍波が入力され
ることになり、基本波と7倍波の他に、基本波の8倍の周波数を持つ光
（8倍波）が出力される。

このように、図2に示される波長変換部2では、基本波、2倍波、3
25 倍波の集光には通常のレンズを使用し、4倍波、7倍波の集光には2つ
のシリンドリカルレンズを組み合わせた光学素子を使用している。

これら、シリンドリカルレンズ11a、11b、12a、12bは、それぞれ保持手段13a、13b、14a、14bにより保持され、この保持手段は、各シリンドリカルレンズ11a、11b、12a、12bをそれぞれの母線方向に駆動可能な構造を有している。なお、各シリン
5 ドリカルレンズ11a、11b、12a、12bの母線方向は光軸に直交しており、シリンドリカルレンズ11aと、11bの母線方向、12aと12bの母線方向はそれぞれ直交している。これにより、シリンドリカルレンズ11aと、11bを組み合わせた光学系、シリンドリカルレンズ12aと、12bを組み合わせた光学系は、それぞれ球面レン
10 ズと同じ光学的作用を果たすことができる。

図4は、シリンドリカルレンズ11a、11bの配置の例を示す図である。各レンズはシリンドリカルレンズであるため、母線方向に移動させても光軸のずれが発生しないという特徴を有する。例えば、レンズの損傷が顕著になってきた場合、図示しない移動機構、例えばマイクロメ
15 ータ付きステージによりレンズを母線方向（矢印方向）に移動し、未使用部分を使用することによりレーザ装置の長寿命化をはかることができる。シリンドリカルレンズ12a、12bも同様の配置を有する。

なお、上記実施の形態においては、各シリンドリカルレンズの材質として合成石英を使用しているが、例えば蛍石等、合成石英ガラス以外の
20 材料でも、同様な損傷が問題となるような場合にも適用される。また、上記実施の形態においては、2枚のシリンドリカルレンズを組み合わせた光学素子を使用しているが、3枚以上のシリンドリカルレンズを組み合わせ使用するようにしてもよい。

図5は、本発明の第2実施例の波長変換部2を説明する図である。この波長変換部2における波長変換の方法とその光学系の構成、作用自体
25 は、図3に示したものと全く同じであるので、同じ構成要素には同じ符

号を付してその説明を省略する。この実施の形態においては、シリンドリカルレンズ 11 a、11 b、12 a、12 b が劣化して光の透過率が低下したことを検知して、光軸部分に各シリンドリカルレンズの未使用の部分位置させるような制御機構が付加されている点が、図 3 に示した実施の形態と異なる点である。

すなわち、光検出器 15 は、ダイクロイックミラー M3 を透過してきた 2 倍波の強度を検出する。また、光検出器 16 は、ダイクロイックミラー M5 を透過してきた 3 倍波と 4 倍波の強度を検出する。これらの検出値は制御装置 17 に入力され、所定の値と比較される。そして、光検出器 15 の出力が所定の値を下回ったとき、制御装置 17 はドライバ 18 に指令を出して、保持手段 13 a、13 b を所定距離だけ駆動し、今まで使用されていなかったシリンドリカルレンズ 11 a、11 b の部分が使用されるようにする。同様に、光検出器 16 の出力が所定の値を下回ったとき、制御装置 17 はドライバ 18 に指令を出して、保持手段 14 a、14 b を所定距離だけ駆動し、今まで使用されていなかったシリンドリカルレンズ 12 a、12 b の部分が使用されるようにする。各保持手段を移動するのには、各保持手段を電動ステージの上に載せる等、周知の方法を採用することができる。

なお、この実施の形態においては、光検出器 15 で検出されるのは 4 倍波ではなく、光検出器 16 で検出されるのは 7 倍波ではないが、シリンドリカルレンズが劣化すると、各倍波の光の強度が同じように弱くなると考えられるので、特に問題となることはない。特に、それぞれ 4 倍波、7 倍波の強さを直接測定したいような場合は、例えば、ダイクロイックミラー M3、M5 の後にプリズムをおいて、4 倍波、7 倍波を分離して測定するような方法を採用することもできる。

図 6 ～ 図 9 は、制御装置の基本的な動作を説明するフローチャートで

ある。メインのアルゴリズムを図 6、その中の各詳細処理のアルゴリズムを図 7～図 9 を用いて説明する。

- 図 6 に示すメインのアルゴリズムでは、各電動ステージの駆動可能範囲内外に応じた処理を行う。まずステップ S 1 にて、光検出器 1 5 および光検出器 1 6 それぞれからの信号 S i g 1、S i g 2、4 倍波レンズ用保持手段 1 3 a、1 3 b および 7 倍波レンズ用保持手段 1 4 a、1 4 b それぞれの駆動可能範囲判定用のフラグ Flag 1、Flag 2 の初期化を行う。ここで、Flag 1、Flag 2 は、それぞれ 0 の場合、保持手段が駆動可能範囲内にあることを示し、1 の場合には、駆動範囲外にあることを示す。
- 10 次にステップ S 2 にて、Flag 1、Flag 2 の値を取得する。次にステップ S 3 にて、取得した Flag 1、Flag 2 の条件判定を行う。Flag 1、Flag 2 とともに 0 の場合、処理 1 を行った後 S 2 へ戻る。Flag 1 のみ 1 の場合、処理 2 を行った後 S 2 へ戻る。Flag 2 のみ 1 の場合、処理 3 を行った後 S 2 へ戻る。Flag 1、Flag 2 とともに 1 の場合、処理 4 を行った後終了する。
- 15

図 7 に示す、図 6 における処理 1 のアルゴリズムでは、各検出器 1 5、1 6 からの信号値 S i g 1、S i g 2 とあらかじめ保持している値 R e f 1、R e f 2 との比較と併せて、駆動可能範囲内外の判定を行い、その結果に応じて各電動ステージの駆動／非駆動を行う。

- 20 まずステップ S 1 1 にて、S i g 1、S i g 2 の値を取得する。次にステップ S 1 2 にて、S i g 1 とあらかじめ保持している設定値 R e f 1 との比較を行う。S i g 1 < R e f 1 の場合、ステップ S 1 3 にて駆動可能範囲内かどうかの判定を行う。駆動可能範囲内なら S 1 4 にて 4 倍波レンズ用保持手段 1 3 a、1 3 b を所定距離移動し、レンズの移動
- 25 を行った後、処理を終了する。駆動可能範囲外の場合、ステップ S 1 5 にて Flag 1 = 1 とし、処理を終了する。

ステップS12にて、 $Sig1 < Ref1$ でない場合、ステップS16にて $Sig2$ とあらかじめ保持している設定値 $Ref2$ との比較を行う。 $Sig2 < Ref2$ の場合、ステップS17にて駆動可能範囲内かどうかの判定を行う。駆動可能範囲内ならステップS18にて7倍波レンズ用保持手段14a、14bを所定距離移動し、レンズの移動を行った後、処理を終了する。駆動可能範囲外の場合、ステップS19にて $Flag2 = 1$ とし、処理を終了する。ステップS16にて $Sig2 < Ref2$ でない場合はそのまま処理を終了する。

図8に示す処理2のアルゴリズムでは、光検出器16からの信号値とあらかじめ保持している値との比較と併せて、駆動可能範囲内外の判定を行い、その結果に応じて7倍波レンズ用保持手段14a、14bの駆動／非駆動を行う。

まずステップS21にて、 $Sig2$ の値を取得する。次にステップS22にて、 $Sig2$ とあらかじめ保持している設定値 $Ref2$ との比較を行う。 $Sig2 < Ref2$ の場合、ステップS23にて駆動可能範囲内かどうかの判定を行う。駆動可能範囲内ならステップS24にて7倍波レンズ用保持手段14a、14bを所定距離移動し、レンズの移動を行った後、処理を終了する。駆動可能範囲外の場合、ステップS25にて $Flag2 = 1$ とし、処理を終了する。S22にて、 $Sig2 < Ref2$ でない場合はそのまま処理を終了する。

図9に示す処理3のアルゴリズムでは、光検出器15からの信号値とあらかじめ保持している値との比較と併せて、駆動可能範囲内外の判定を行い、その結果に応じて4倍波レンズ用保持手段13a、13bの駆動／非駆動を行う。

まずステップS31にて、 $Sig1$ の値を取得する。次にステップS32にて、 $Sig1$ とあらかじめ保持している設定値 $Ref1$ との比較

を行う。Sig1 < Ref1の場合、ステップS33にて駆動可能範囲内かどうかの判定を行う。駆動可能範囲内ならステップS34にて4倍波レンズ用保持手段13a, 13bを駆動し、レンズの移動を行った後、処理を終了する。駆動可能範囲外の場合、ステップS35にてFlag1 = 1とし、処理を終了する。ステップS32にてSig1 < Ref1でない場合はそのまま処理を終了する。

処理4においては、この時点で4倍波レンズ用保持手段13a、13b、7倍波レンズ用保持手段14a、14bとも駆動可能範囲外となっているため、その旨を通知し、メインアルゴリズムを終了する。

10 以上の実施の形態においては、光検出器15、16からの出力が規定値を下回ったとき、シリンдриカルレンズを移動させるようにしているが、装置の使用時間に応じて移動させるようにしてもよい。たとえば、制御装置17が、光検出器15、16の出力を検出することにより、装置が使用されていることを判定し、累積使用時間が所定時間に達する毎に、シリンдриカルレンズを所定距離だけ移動させるようにしてもよい。

15 また、シリンдриカルレンズの移動量が、装置の累積使用時間に比例するように位置制御をかけるようにしてもよい。

次に、上述した基本波発生部1と波長変換部2とから構成されたレーザ装置20（以下「レーザ装置」という）を用いて構成され、半導体製造工程の一つであるフォトリソグラフィ工程で使用する露光装置100について、図10を参照して説明する。光リソグラフィ工程で 사용되는露光装置は、原理的には写真製版と同じであり、フォトマスク（レチクル）上に精密に描かれたデバイスパターンを、フォトレジストを塗布した半導体ウエハやガラス基板などの上に光学的に投影して転写する。

20 この露光装置100は、上述したレーザ装置20と、照明光学系102と、フォトマスク（レチクル）110を支持するマスク支持台103と、

投影光学系 104 と、露光対象物たる半導体ウエハ 115 を載置保持する載置台 105 と、載置台 105 を水平移動させる駆動装置 106 とを備えて構成される。

この露光装置 100 においては、上述したレーザ装置 20 から出力されるレーザ光が、複数のレンズから構成される照明光学系 102 に入力され、ここを通過してマスク支持台 103 に支持されたフォトマスク 110 の全面に照射される。このように照射されてフォトマスク 110 を通過した光は、フォトマスク 110 に描かれたデバイスパターンの像を有しており、この光が投影光学系 104 を介して載置台 105 に載置された半導体、ウエハ 115 の所定位置に照射される。このとき、投影光学系 104 によりフォトマスク 110 のデバイスパターンの像が半導体ウエハ 115 の上に縮小されて結像露光される。

なお、露光装置における照射光量の制御は、例えば基準光源部 3 におけるパルス周波数制御、励起用光源部 5 における励起光の出力制御等により容易に行うことができる。また、レーザ光の ON-OFF 制御は、基準光源部 3 における DFB 半導体レーザを ON-OFF 制御することにより行えるほか、光路上のいずれかに電気光学変調素子や音響光学変調素子等の変調素子を配設し、あるいはメカニカルシャッタを配設するなどにより容易に行うことができる。従って、上記のような露光装置によれば、小型軽量で配置の自由度が高い紫外光源の特性を生かして小型でメンテナンス性、操作性の良好な露光装置を得ることができる。

以上説明したように、本発明に係る紫外光源では、ファイバ光増幅器の励起光源としてシングルモードのファイバーレーザを用いているため、簡明な装置構成で、高ピークパワーと高い平均出力とを両立させた紫外光源を提供することができる。

次に、以上説明した本発明に係るレーザ装置 20 を用いて構成される

マスク欠陥検査装置について、図 11 を参照して以下に説明する。マスク欠陥検査装置は、フォトマスク上に精密に描かれたデバイスパターンを TDI センサ (Time Delay and Integration) 上に光学的に投影し、センサ画像と所定の参照画像とを比較し、その差からパターンの欠陥を抽出する。マスク欠陥検査装置 120 は、上述したレーザ装置 20 と、照明光学系 112 と、フォトマスク 110 を支持するマスク支持台 113 と、マスク支持台を水平移動させる駆動装置 116 と、投影光学系 114 と、TDI センサ 125 とを備えて構成される。このマスク欠陥検査装置 120 においては、上述したレーザ装置 20 から出力されるレーザ光が、複数のレンズから構成される照明光学系 112 に入力され、ここを
5 通ってマスク支持台 113 に支持されたフォトマスク 110 の所定領域に照射される。このように照射されてフォトマスク 110 を通過した光は、フォトマスク 110 に描かれたデバイスパターンの像を有しており、この光が投影光学系 114 を介して TDI センサ 125 の所定の位置に結像される。なお、マスク支持台 113 の水平移動速度と、TDI
10 125 の転送クロックとは同期している。

図 12 は本発明のレーザ装置 20 を用いて構成される高分子結晶の加工装置の概要図である。レーザ装置 20 から放出された紫外短パルスレーザ光 139 は、シャッタ 132、強度調整素子 133、照射位置制御機構 134、集光光学系 135 を介して試料容器 136 中に入れられ
20 た高分子結晶 138 に集光照射される。試料容器 136 は、ステージ 137 に搭載され、光軸方向を z 軸として、x-y-z 直交座標系で x 軸、y 軸、z 軸の 3 次元方向の移動が可能とされていると共に、z 軸の周りに回転可能となっている。高分子結晶 138 の表面に集光照射されたレーザ光により、高分子結晶の加工が行われる。
25

ところで、高分子結晶である被加工物を加工する場合、レーザ光が被

加工物の何処に照射されているかを確認する必要がある。しかし、レーザー光は、通常可視光でないことが多く、目視することができないので、光学顕微鏡と組み合わせて使用することが好ましい。

その例を図 1 3 に示す。(a)に示す光学系においては、紫外短パルスレーザーシステム 1 4 1 (図 1 2 の符号 2 0、1 3 2 ~ 1 3 4 に対応)からのレーザー光を、集光光学系 1 3 5 を介して所定の点に集光する。ステージ 1 3 7 は図 1 2 において説明したような機能を有しており、高分子結晶 1 3 8 の入った試料容器 1 3 6 がステージ 1 3 7 上に載置されている。照明光源 1 4 2 からの可視光は、反射光 1 4 3 で反射され、試料容器 1 3 6 をケーラー照明する。高分子結晶 1 3 8 は、光学顕微鏡の対物レンズ 1 4 4、接眼レンズ 1 4 5 を介して眼 1 4 6 により目視される。

光学顕微鏡の光軸位置には、十字状のマークが形成されており、光軸位置が目視できるようになっている。そして、光学顕微鏡の焦点位置(合焦位置、すなわち目視したときピントが合う物面)は固定とされている。集光光学系 1 3 5 により集光されたレーザー光は、光学顕微鏡の光軸位置で、かつ光学顕微鏡の焦点位置に集光されるようになっている。よって、ステージ 1 3 7 上に被加工物を載置し、光学顕微鏡でその像を観察した場合、ピントが合っており、かつ十字マークの中心にある位置に、レーザーシステム 1 4 1 からのレーザー光が集光されるようになっている。なお、レーザーシステム 1 4 1、集光光学系 1 3 5、及び光学顕微鏡部の相対位置関係は固定されており、ステージ 1 3 7 のみがこれらの固定系に対して相対的に移動可能とされている。

よって、加工を行いたい場所が光学顕微鏡の光軸位置でかつ合焦位置となるようにステージ 1 3 7 を移動させながら加工を行うことにより、所望の場所の加工、及び所望の形状の加工を行うことができる。もし、自動的に加工を行わせたいのであれば、光学顕微鏡に自動焦点調整装置

をつけてステージ 1 3 7 をその指令により駆動すると共に、ステージ 1 3 7 の予め定められた所定部分が光学顕微鏡の光軸になるように、ステージ 1 3 7 を駆動するようにすればよい。または、初めに基準となる位置を合わせた後、サーボ機構によりステージ 1 3 7 を 2 次元又は 3 次元 5 に駆動するようにしてもよい。

請 求 の 範 囲

1. 複数のシリンドリカルレンズからなり、当該シリンドリカルレンズは、それらの母線方向が交差するように配置され、かつ、その各々が
5 それぞれの母線方向に移動可能とされていることを特徴とする光学素子。
2. 前記シリンドリカルレンズが2つであり、その母線方向が互いに直交していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学素子。
3. 前記シリンドリカルレンズを形成する材料が合成石英ガラス又は蛍石であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光学素子。
- 10 4. 請求の範囲第1項に記載の光学素子を透過した光を検出し、その検出値が所定値以下となったとき、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に所定距離だけ移動させる制御装置を有することを特徴とする光学系。
5. 請求の範囲第1項に記載の光学素子が使用された時間が所定時間
15 経過する毎に、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に所定距離だけ移動させる制御装置を有することを特徴とする光学系。
6. 請求の範囲第1項に記載の光学素子が使用された時間に応じて、前記シリンドリカルレンズをそれぞれの母線方向に連続的に移動させる制御装置を有することを特徴とする光学系。
- 20 7. レーザ光源と、当該レーザ光源から出力されるレーザ光の波長を変換する波長変換素子とを有するレーザ装置であって、請求の範囲第1項から第3項のうちいずれか1項に記載の光学素子により、レーザ光を前記波長変換素子に集光する機能を有することを特徴とするレーザ装置。
8. レーザ光源と、当該レーザ光源から出力されるレーザ光の波長を
25 変換する波長変換素子とを有するレーザ装置であって、請求の範囲第4項から第6項のうちいずれか1項に記載の光学系により、レーザ光を前

記波長変換素子に集光する機能を有することを特徴とするレーザ装置。

9. 請求の範囲第7項に記載のレーザ装置と、所定の露光パターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持部と、露光対象物を保持する対象物保持部と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記照明光学系を介して前記フォトマスクに照射されてここを通過した照射光を前記対象物保持部に保持された露光対象物に照射させる投影光学系とを備えて構成されることを特徴とする露光装置。

10. 請求の範囲第8項に記載のレーザ装置と、所定の露光パターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持部と、露光対象物を保持する対象物保持部と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記照明光学系を介して前記フォトマスクに照射されてここを通過した照射光を前記対象物保持部に保持された露光対象物に照射させる投影光学系とを備えて構成されることを特徴とする露光装置。

11. 請求の範囲第7項に記載のレーザ装置と、所定のパターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持部と、前記パターンの投影像を検出する検出器と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記照明光学系を介して前記フォトマスクに照射されて、通過した照明光を前記検出器に投影させる投影光学系とを有することを特徴とするマスク欠陥検査装置。

12. 請求の範囲第8項に記載のレーザ装置と、所定のパターンが設けられたフォトマスクを保持するマスク支持部と、前記パターンの投影像を検出する検出器と、前記レーザ装置から出射される紫外光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射させる照明光学系と、前記

照明光学系を介して前記フォトマスクに照射されて、通過した照明光を前記検出器に投影させる投影光学系とを有することを特徴とするマスク欠陥検査装置。

- 1 3. 高分子結晶を加工する高分子結晶の加工装置であって、請求の
5 範囲第7項に記載のレーザ装置と、当該レーザ装置から放出されるレーザ光を、被加工物である高分子結晶に導き、当該高分子結晶の被加工場所に集光させる光学系と、前記光学系と前記高分子結晶の相対位置を変化させる機構を有することを特徴とする高分子結晶の加工装置。

- 1 4. 前記レーザ光が集光される位置を、前記高分子結晶と同時に観
10 測する観測装置、又は測定する測定装置を有することを特徴とする請求の範囲第13項に記載の高分子結晶の加工装置。

- 1 5. 前記観測装置、又は測定装置が可視光を用いた光学的観測装置
又は光学的測定装置であり、これら観測装置、測定装置は、前記光学系と機械的に固定された関係にあり、前記観測装置、測定装置の基準点と、
15 前記レーザ光が集光される位置が一致しており、前記観測装置、測定装置の基準点位置を観測又は測定することにより、間接的に、前記レーザ光が集光される位置を観測又は測定する機能を有することを特徴とする請求の範囲第14項に記載の高分子結晶の加工装置。

- 1 6. 高分子結晶を加工する高分子結晶の加工装置であって、請求の
20 範囲第8項に記載のレーザ装置と、当該レーザ装置から放出されるレーザ光を、被加工物である高分子結晶に導き、当該高分子結晶の被加工場所に集光させる光学系と、前記光学系と前記高分子結晶の相対位置を変化させる機構を有することを特徴とする高分子結晶の加工装置。

- 1 7. 前記レーザ光が集光される位置を、前記高分子結晶と同時に観
25 測する観測装置、又は測定する測定装置を有することを特徴とする請求の範囲第16項に記載の高分子結晶の加工装置。

18. 前記観測装置、又は測定装置が可視光を用いた光学的観測装置又は光学的測定装置であり、これら観測装置、測定装置は、前記光学系と機械的に固定された関係にあり、前記観測装置、測定装置の基準点と、前記レーザ光が集光される位置が一致しており、前記観測装置、測定装置の基準点位置を観測又は測定することにより、間接的に、前記レーザ光が集光される位置を観測又は測定する機能を有することを特徴とする請求の範囲第17項に記載の高分子結晶の加工装置。

図 1

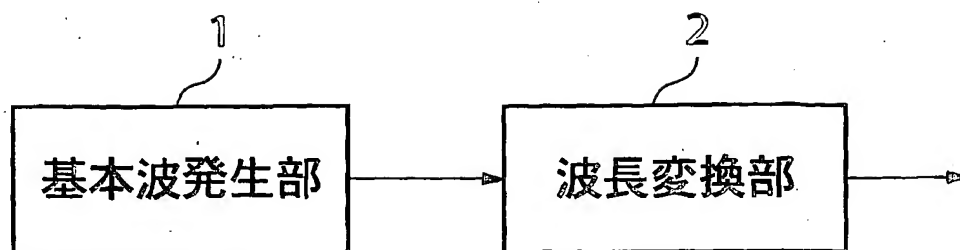


図 2

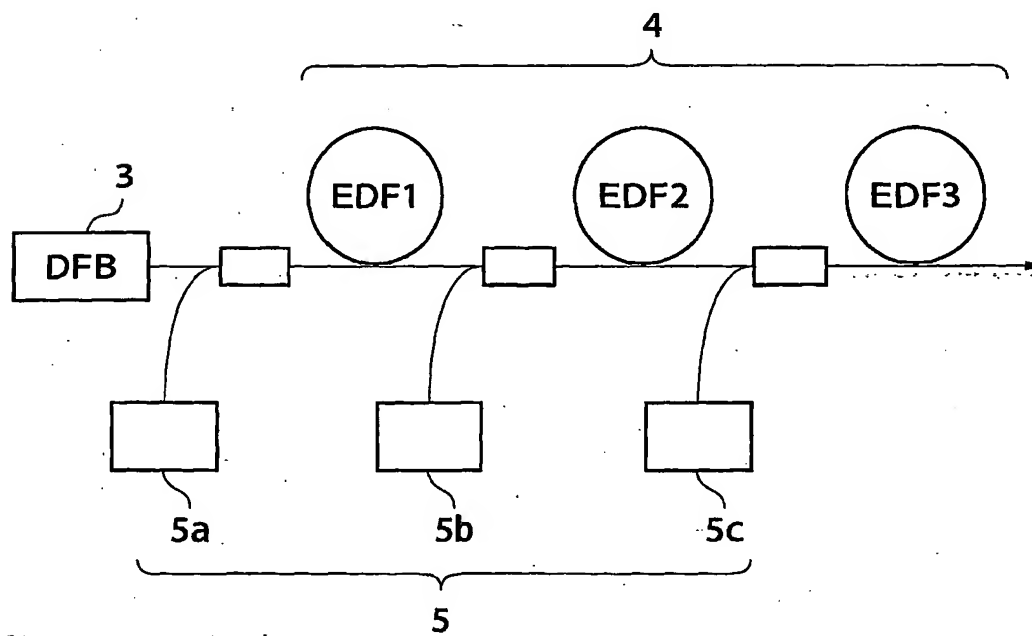


図 3

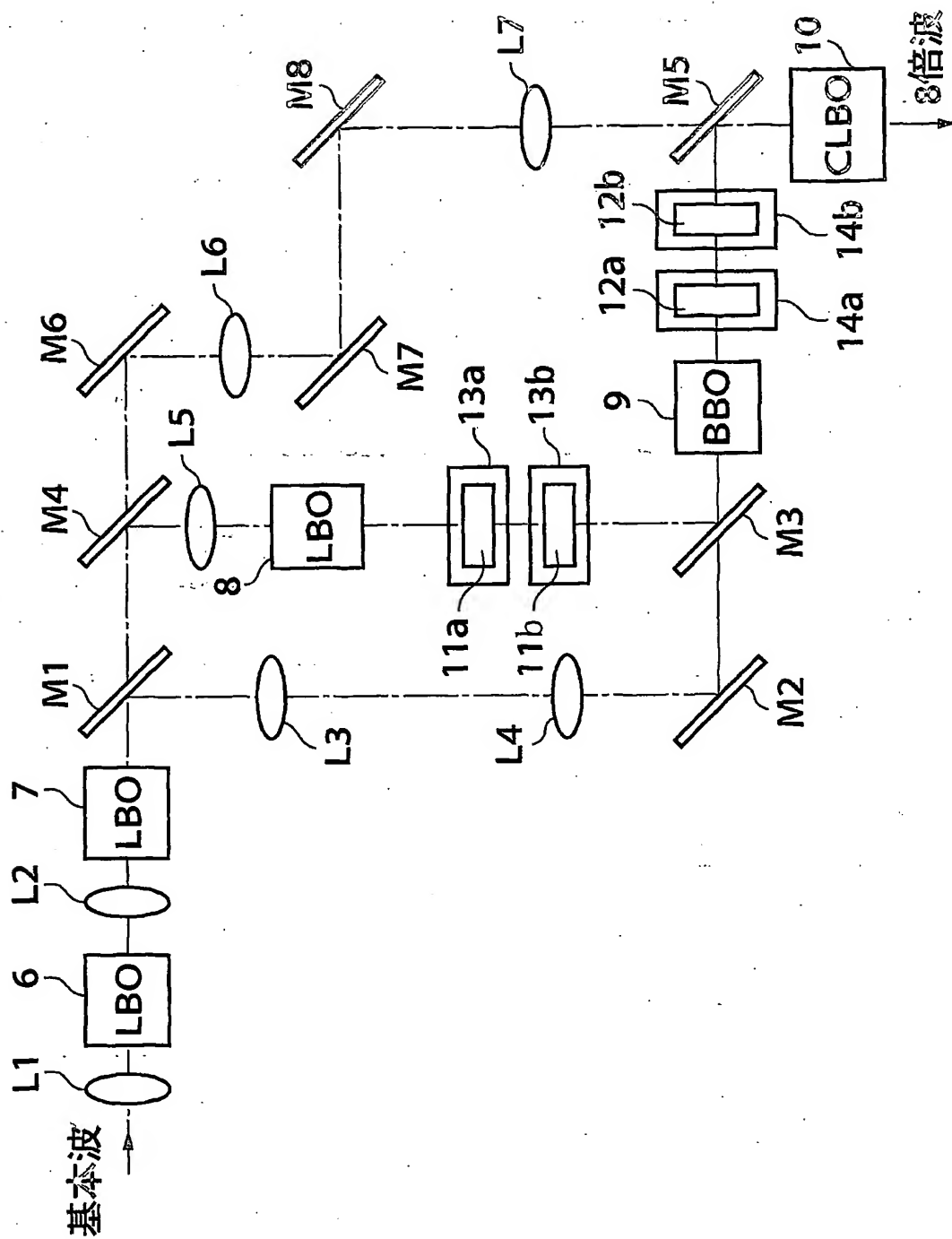
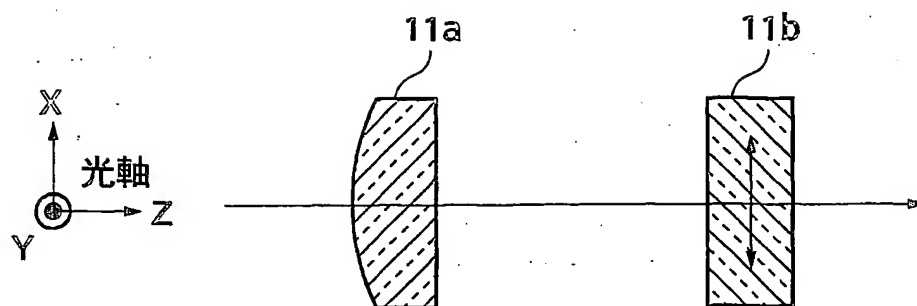


図 4

(a)



(b)

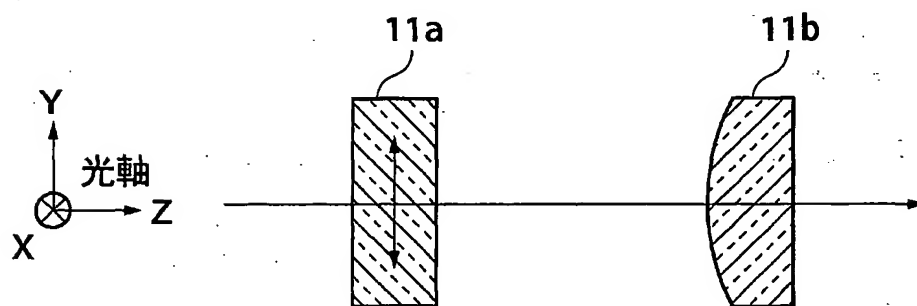
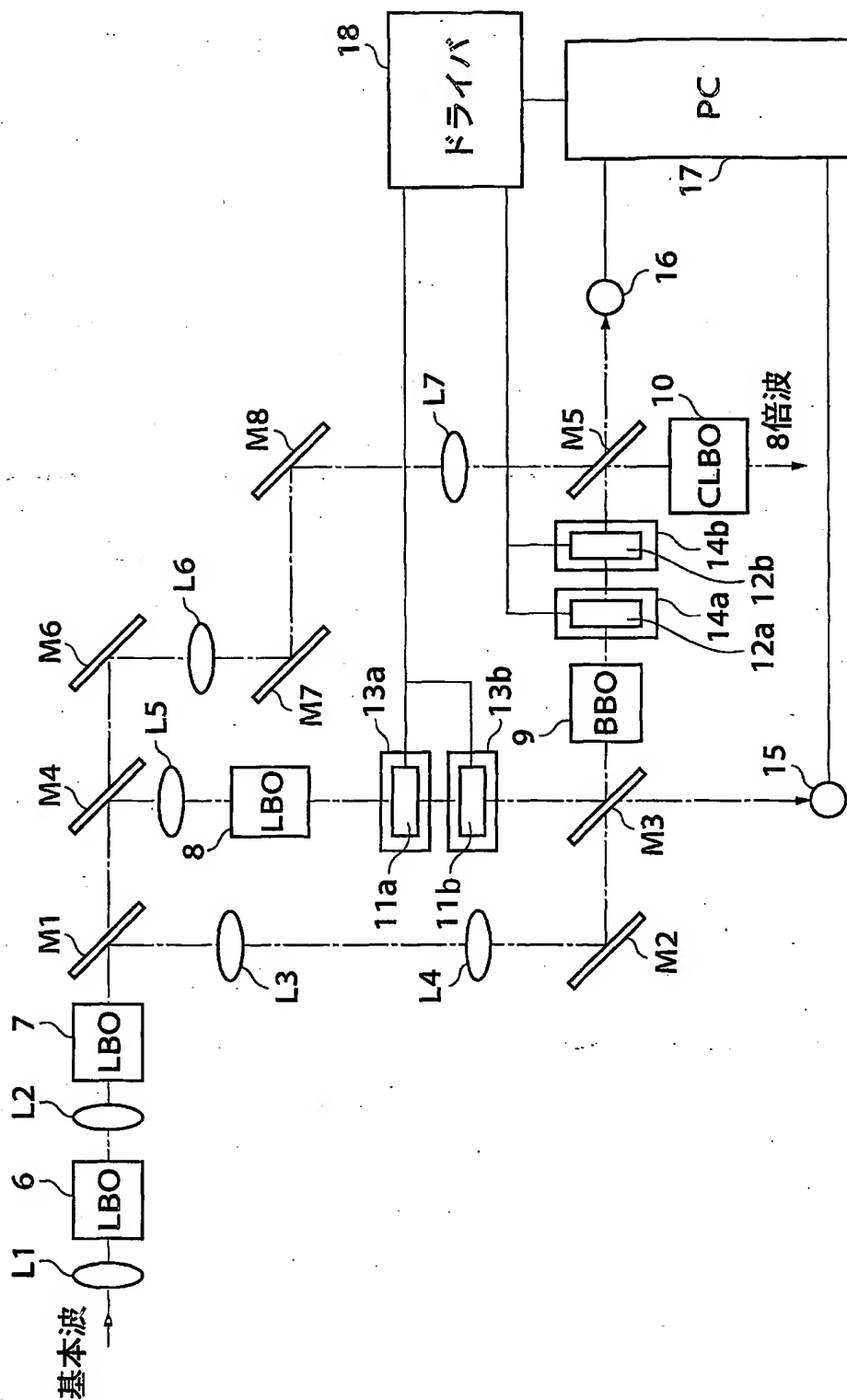


图 5



5/12

図 6

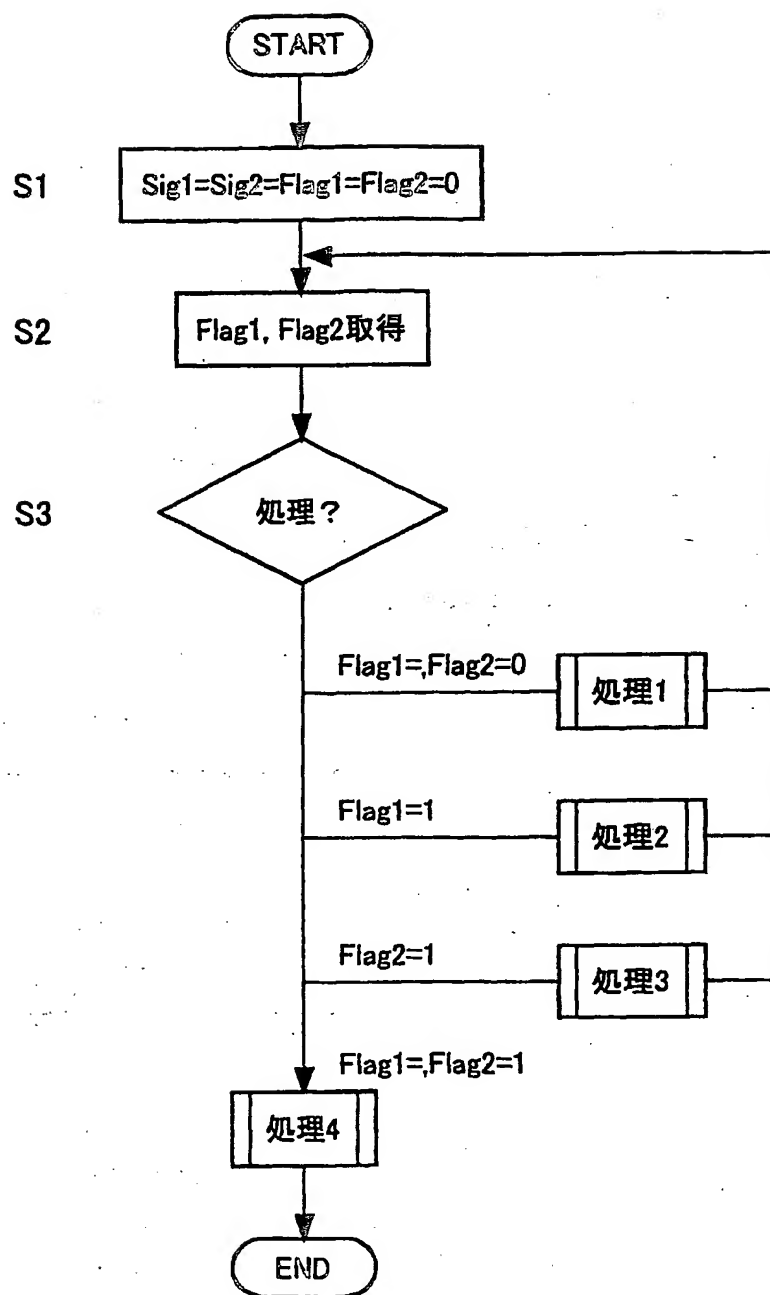


図 7

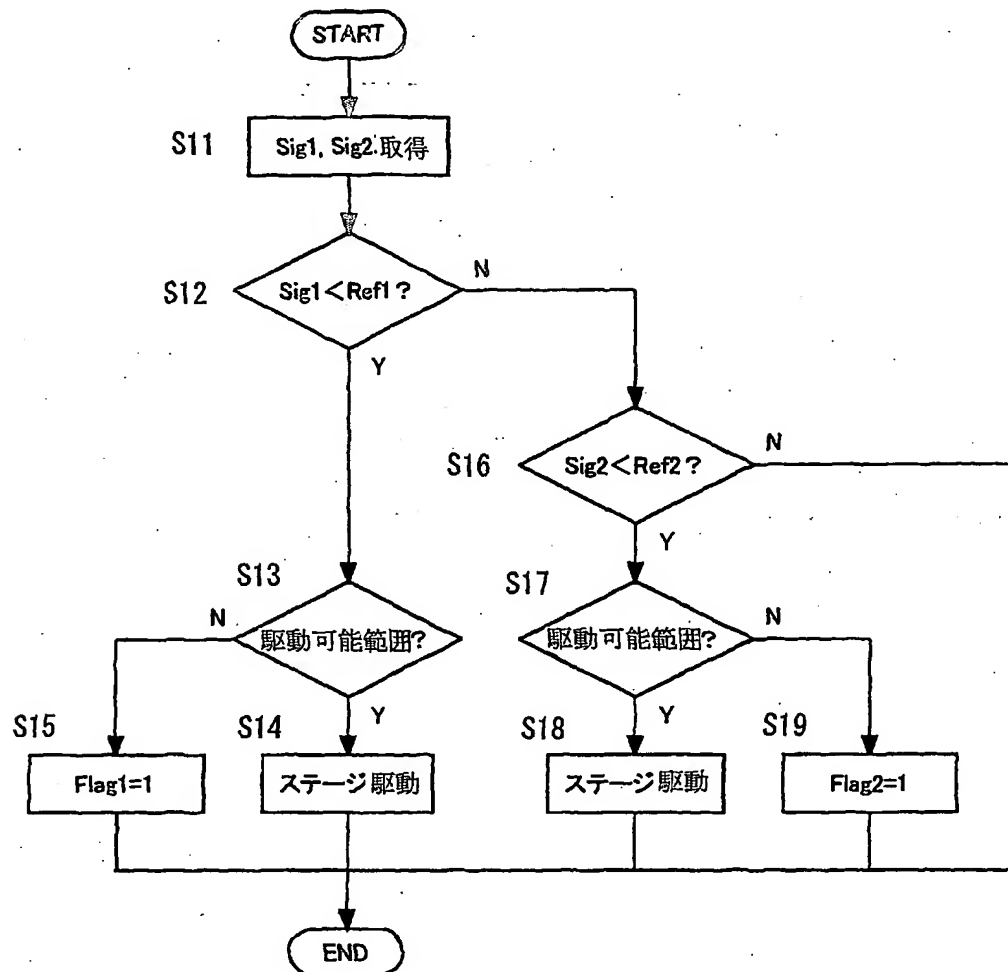


図 8

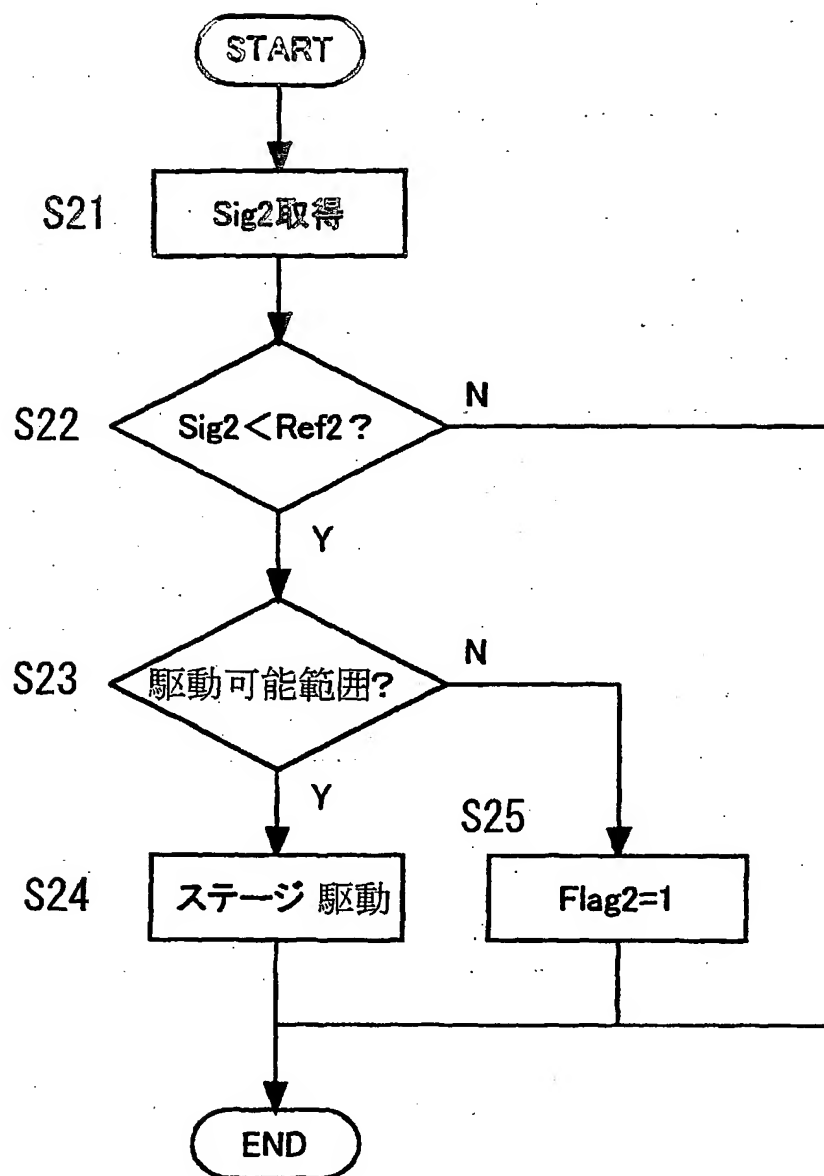
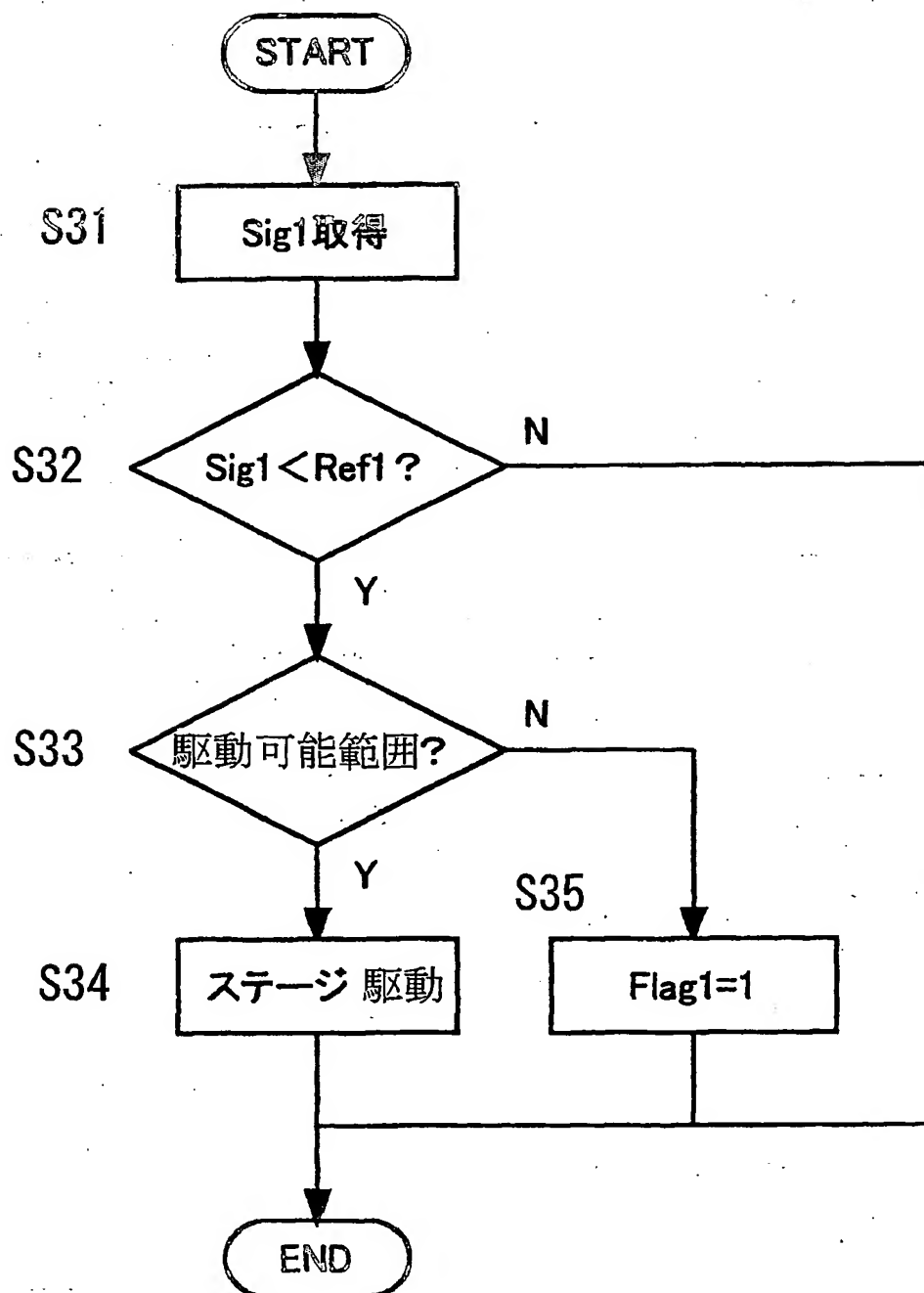
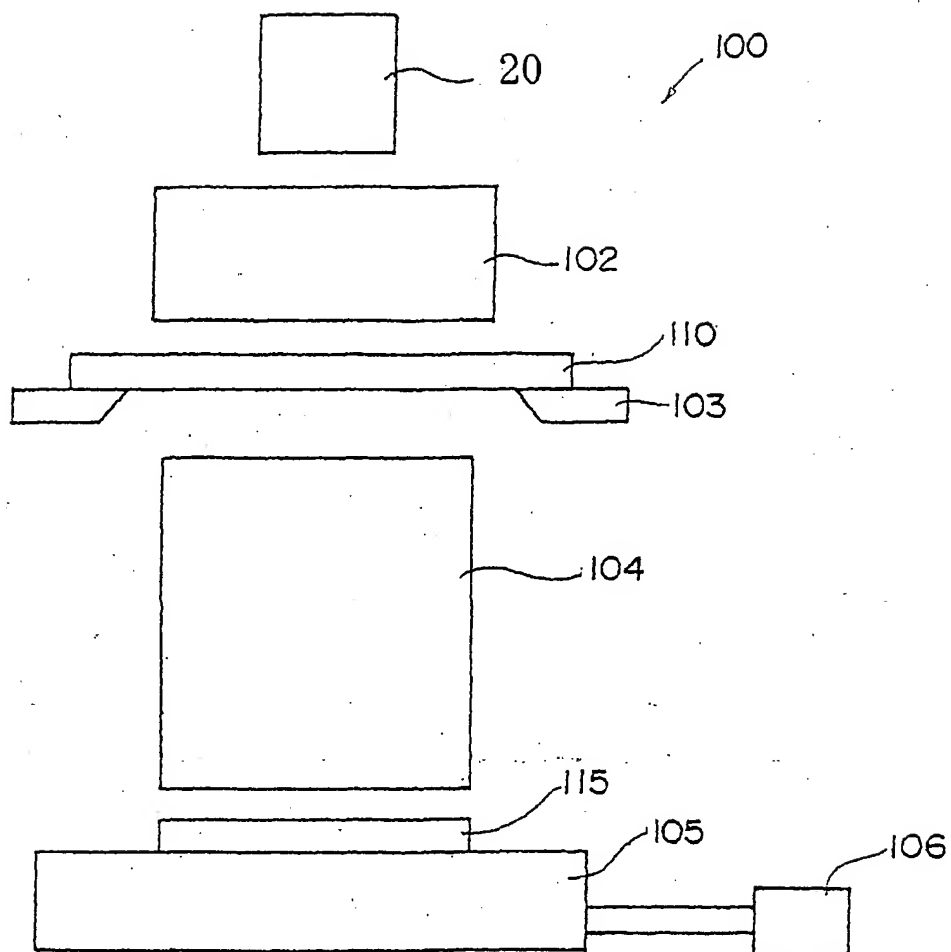


図 9



9/12

図 10



10/12

図 1 1

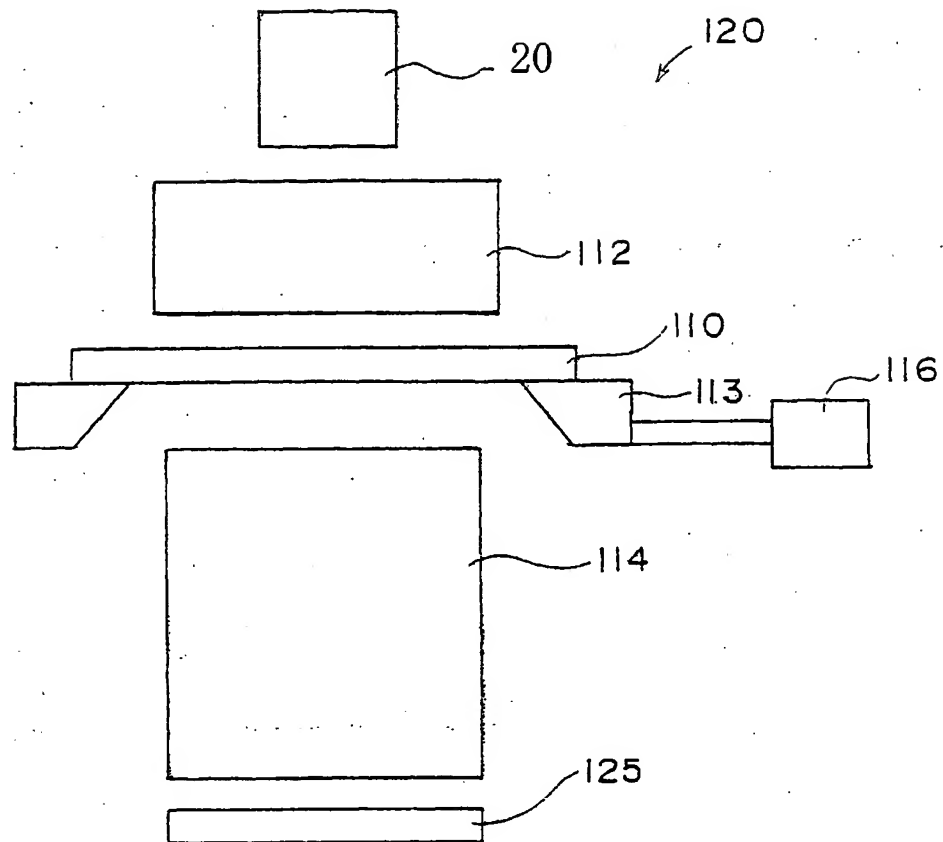
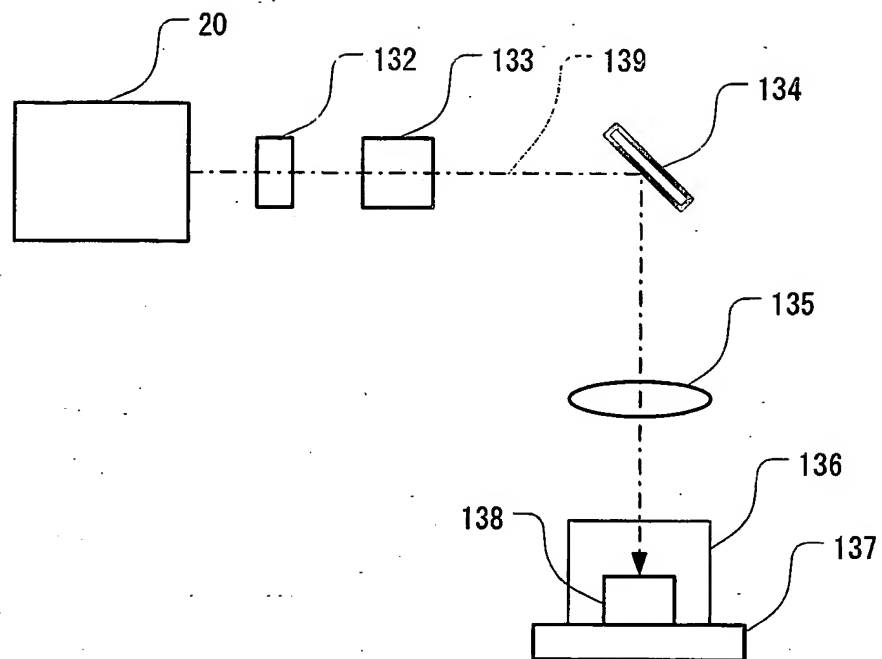
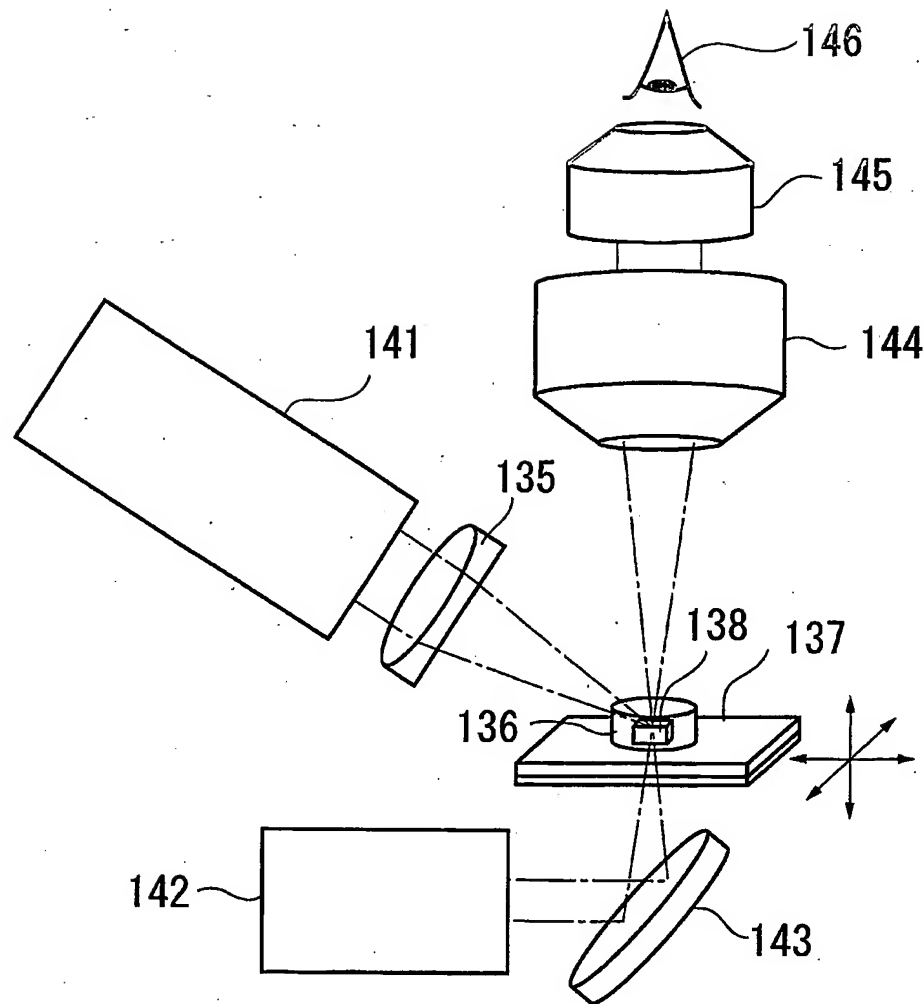


図 1 2



12/12

図 1 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B27/00, G02F1/37, H01S3/02, G03F7/20, G03F1/08,
H01L21/027, B23K26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B27/00, G02F1/37, H01S3/02, G03F7/20, G03F1/08,
H01L21/027, B23K26/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5912725 A (Nikon Corp.), 15 June, 1999 (15.06.99), & JP.09-6009 A	1-18
A	JP 07-50442 A (Hoya Corp.), 21 February, 1995 (21.02.95), (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 June, 2004 (14.06.04)

Date of mailing of the international search report
29 June, 2004 (29.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G02B27/00, G02F1/37, H01S3/02, G03F7/20, G03F1/08, H01L21/027, B23K26/02			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G02B27/00, G02F1/37, H01S3/02, G03F7/20, G03F1/08, H01L21/027, B23K26/02			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	US 5912725 A (Nikon Corporation) 1999.06.15 & JP 09-6009 A	1-18	
A	JP 07-50442 A (ホーヤ株式会社) 1995.02.21, (ファミリーなし)	1-18	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリ		の日の後に公表された文献	
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」 同一パテントファミリー文献	
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 14.06.2004		国際調査報告の発送日 29.6.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田部 元史	2X 8708
		電話番号 03-3581-1101 内線 3293	